

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
DE 198 35 108 A 1

(51) Int. Cl. 7:

H 01 S 3/093

H 01 S 3/07

H 01 S 3/0941

(21) Aktenzeichen: 198 35 108.9
 (22) Anmeldetag: 4. 8. 1998
 (23) Offenlegungstag: 17. 2. 2000

DE 198 35 108 A 1

(71) Anmelder:
 Universität Stuttgart Institut für Strahlwerkzeuge,
 70569 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
 HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
 PATENTANWÄLTE GBR, 70182 Stuttgart

(72) Erfinder:
 Contag, Karsten, 70563 Stuttgart, DE; Erhard,
 Steffen, 70734 Fellbach, DE; Giesen, Adolf, Dr.,
 71272 Renningen, DE; Karszewski, Martin, 71272
 Renningen, DE; Stewen, Christian, 70771
 Leinfelden-Echterdingen, DE; Voss, Andreas, 78713
 Schramberg, DE

(56) Entgegenhaltungen:
 DE 197 28 845 A1
 DE 40 08 225 A1
 EP 6 32 551 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Laserverstärkersystem

(57) Um ein Laserverstärkersystem, umfassend mehrere ein laseraktives Medium aufweisende Festkörpervolumina, eine Pumpstrahlungsquelle, einen Pumpstrahlungsreflektor, der einen in das Festkörpervolumen einfallenden Ast des Pumpstrahlungsfeldes als ausfallenden Ast durch das Festkörpervolumen erneut so hindurchtreten läßt, daß der einfallende Ast und der ausfallende Ast einen ersten Pumpzweig bilden, einen ersten Pumpstrahlungsdurchlauf, in welchem die ersten Pumpzweige vom Pumpstrahlungsfeld in einer ersten Sequenz durchlaufen werden, zu schaffen, bei welchem die einzelnen Festkörpervolumina möglichst gleichmäßig mit Pumpleistung beaufschlagt sind, wird vorgeschlagen, daß jedes Festkörpervolumen von einem zweiten Pumpzweig durchsetzt ist, dessen einfallender Ast und dessen ausfallender Ast in einer zweiten von der ersten Ebene verschiedenen Ebene liegen, daß ein zweiter Pumpstrahlungsdurchlauf vorgesehen ist, in welchem die zweiten Pumpzweige vom Pumpstrahlungsfeld in einer zweiten Sequenz durchlaufen werden und daß in der zweiten Sequenz in Reihenfolge der Festkörpervolumina bezogen auf die erste Sequenz geändert ist.

DE 198 35 108 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Laserverstärkersystem umfassend mehrere ein laseraktives Medium aufweisende Festkörpervolumina, eine Pumpstrahlungsquelle zur Erzeugung eines Pumpstrahlungsfeldes zum optischen Pumpen des laseraktiven Mediums, einen jedem Festkörpervolumen zugeordneten Pumpstrahlungsreflektor, der einen in das Festkörpervolumen einfallenden Ast des Pumpstrahlungsfeldes als aus fallenden Ast durch das Festkörpervolumen erneut so hindurchtreten läßt, daß der einfallende Ast und der ausfallende Ast in einer Ebene liegend einen Winkel miteinander einschließen und dabei einen ersten Pumpzweig bilden, einen ersten Pumpstrahlungsdurchlauf durch die Festkörpervolumina, in welchen die ersten Pumpzweige so aufeinanderfolgend angeordnet sind, daß die mehreren Festkörpervolumina vom Pumpstrahlungsfeld in einer ersten Sequenz durchlaufen werden.

Derartige Laserverstärkersysteme sind beispielsweise aus der EP 0 632 551 bekannt.

Bei Laserverstärkungssystemen mit mehreren laseraktiven Medium aufweisenden Festkörpervolumina besteht das Problem, daß eine Pumplichtanregung der einzelnen Festkörper mit unterschiedlicher Pumpleistung erfolgt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Laserverstärkersystem mit mehreren Festkörpervolumina zu schaffen, bei welchem die einzelnen Festkörpervolumina möglichst gleichmäßig mit Pumpleistung beaufschlagt sind.

Diese Aufgabe wird bei einem Laserverstärkersystem der eingangs beschriebenen Art erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß jedes Festkörpervolumen von einem zweiten Pumpzweig durchsetzt ist, dessen einfallender Ast und dessen ausfallender Ast in einer zweiten, von der ersten Ebene verschiedenen Ebene liegen und in dieser einen Winkel miteinander einschließen, daß ein zweiter Pumpstrahlungsdurchlauf vorgesehen ist, in welchem die zweiten Pumpzweige der mehreren Festkörpervolumina so aufeinanderfolgend angeordnet sind, daß die Festkörpervolumina vom Pumpstrahlungsfeld in einer zweiten Sequenz durchlaufen werden und daß in der zweiten Sequenz die Reihenfolge der Festkörper bezogen auf die erste Sequenz geändert ist.

Der Vorteil der erfahrungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, daß mit dem zweiten Pumpstrahlungsdurchlauf die Möglichkeit geschaffen ist, jedes der Festkörpervolumen mit derselben Zahl von Pumpzweigen zu pumpen und zusätzlich aufgrund der Tatsache, daß die beiden Pumpzweige in unterschiedlichen Ebenen liegen, auch noch die Pumpleistung in dem zu pumpenden Festkörpervolumen möglichst gleichmäßig einzubringen und außerdem durch die geänderte Reihenfolge die Intensitätsabnahme in der Sequenz.

Dies hat insbesondere im Hinblick auf die bei der erfahrungsgemäßen Lösung vorgesehenen Art der dünnen scheinbarörnigen Festkörper, die vorzugsweise mit einer Flachseite auf einer Kühlfläche liegen, den Vorteil, daß damit die Ausbildung eines möglichst gleichmäßigen Temperaturverlaufs mit zu den Flachseiten des Festkörpers parallel verlaufenden Ebenen im wesentlichen gleicher Temperatur erleichtert ist, die für das vorteilhafte Arbeiten im Rahmen des erfahrungsgemäßen Konzepts wesentlich ist.

Hinsichtlich der Art der Speisung des ersten und zweiten Pumpstrahlungsdurchlaufs wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß jeder der Pumplichtstrahlungsdurchläufe von einer eigenen Pumpstrahlungsquelle gespeist ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, daß die Pumpstrahlungsquelle im wesentlichen dieselbe Leistung aufweisen.

Eine andere alternative Ausführungsform sieht vor, daß die Pumpstrahlungsdurchläufe von einer einzigen Pump-

strahlungsquelle gespeist sind. Dies hat den Vorteil, daß -- sofern die Strahlungsleistung einer einzigen Pumpstrahlungsquelle ausreichend ist -- diese für beide Pumpstrahlungsdurchläufe eingesetzt werden kann.

5 Dabei bestehen unterschiedliche Möglichkeiten, die Speisung der beiden Pumpstrahlungsdurchläufe mit einer Pumpstrahlungsquelle zu realisieren.

Eine Möglichkeit besteht darin, das Pumpstrahlungsfeld aus der Pumpstrahlungsquelle durch einen Strahleiter auf 10 die beiden Pumpstrahlungsdurchläufe zu verteilen.

Diese Lösung hat den Vorteil, daß danuit die Möglichkeit besteht, beide Pumpstrahlungsdurchläufe mit Pumpstrahlungsfeldern von im wesentlichen derselben Intensität zu versorgen.

15 Eine andere vorteilhafte Lösung sieht vor, daß die Pumpstrahlungsdurchläufe durch eine Umlenkoptik miteinander gekoppelt sind, das heißt, daß das Pumpstrahlungsfeld mit der Intensität, die am Ende eines der Pumpstrahlungsdurchläufe noch vorhanden ist, durch eine Umlenkoptik so einge-

20 gekoppelt wird, daß dieses den nächsten Pumpstrahlungsdurchlauf speist. Diese Lösung ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn die absorbierte Intensität pro Pumpstrahlungsdurchlauf nicht sehr groß ist, so daß nach den ersten Pumpstrahlungsdurchlauf dennoch eine Leistung des

25 Pumpstrahlungsfeldes zur Verfügung steht, welche ausreichend groß ist, um den zweiten Pumpstrahlungsdurchlauf zu speisen.

Prinzipiell ist im Rahmen der erfahrungsgemäßen Lösung vorgesehen, daß das Pumpstrahlungsfeld jeden Pumpstrahlungsdurchlauf in einer Richtung durchläuft. Zur Verbesserung des Pumpens der Festkörper ist es ferner jedoch vorteilhaft, wenn das Pumpstrahlungsfeld jeden Pumpstrahlungsdurchlauf in zwei entgegengesetzten Richtungen durchläuft. Dies ist unabhängig davon, ob zwei Pumpstrahlungssquellen zum Speisen der Pumpstrahlungsdurchläufe vorgesehen sind oder nur eine Pumpstrahlungsquelle, deren Leistung in den bereits beschriebenen unterschiedlichen Art und Weise in die Pumpstrahlungsdurchläufe eingekoppelt werden kann.

30 35 40 Eine besonders einfach realisierbare Lösung, bei welcher jeder Pumpstrahlungsdurchlauf von dem Pumpstrahlungsfeld zweimal durchlaufen wird, sieht vor, daß an einem Ende jedes Pumpstrahlungsdurchlaufs ein Reflektor angeordnet ist, der das aus dem Pumpstrahlungsdurchlauf austretende Pumpstrahlungsfeld zurückreflektiert.

Im Zusammenhang mit den bisherigen Lösungen wurde lediglich spezifiziert, daß die Reihenfolge der Festkörpervolumina in der zweiten Sequenz anders sein soll als in der ersten Sequenz. Dies ist in unterschiedlichster Art und Weise 45 realisierbar, insbesondere dann in unterschiedlicher Art und Weise, wenn nicht nur eine erste Sequenz und eine zweite Sequenz vorgesehen sind, sondern mehrere, über die erste und die zweite Sequenz hinausgehende Sequenzen. Im einfachsten Fall einer ersten und zweiten Sequenz ist jedoch 50 55 vorzugsweise vorgesehen, daß die Reihenfolge der Festkörpervolumina in der zweiten Sequenz bezogen auf die erste Sequenz umgekehrt ist.

Bislang wurde im Zusammenhang mit der erfahrungsgemäßen Lösung spezifiziert, daß es einen ersten Pumpstrahlungsdurchlauf und einen zweiten Pumpstrahlungsdurchlauf gibt. Die erfahrungsgemäße Lösung ist jedoch nicht auf zwei Pumpstrahlungsdurchläufe mit ersten bzw. zweiten Pumpzweigen limitiert. Vielmehr besteht bei einer weiteren erfahrungsgemäßen Lösung die Möglichkeit, daß mindestens ein weiterer Pumpstrahlungsdurchlauf vorgesehen ist, bei welchem das Pumpstrahlungsfeld die Festkörper in Form mindestens einer weiteren Sequenz durchläuft. Der Vorteil dieser Lösung ist darin zu sehen, daß damit eine noch

gleichmäßiger Anregung der Festkörper realisierbar ist.

Besonders günstig läßt sich dies dann realisieren, wenn die mindestens eine weitere Sequenz so verläuft, daß diese unterschiedlichen Pumpsequenzen des laseraktiven Materials im Festkörpervolumen durch die erste und die zweite Sequenz entgegenwirkt.

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Zahl der Pumpstrahlungsdurchläufe eine gerade Zahl ist, so daß sich besonders günstig die Tatsache kompensieren läßt, daß bei jedem Pumpstrahlungsdurchlauf das Pumpstrahlungsfeld von einem Pumpzweig zum anderen Pumpzweig mit geringerer Leistung pünkt.

Hinsichtlich der Art, wie die einzelnen Pumpzweige eines Pumpstrahlungsdurchlaufs gekoppelt sind, wurden keine Angaben im Detail gemacht. So sieht eine vorteilhafte Ausführungsform vor, daß die einzelnen Pumpzweige eines Pumpstrahlungsdurchlaufs durch Refokussierungsoptiken gekoppelt sind.

Diese Refokussierungsoptiken können in unterschiedlichster Art und Weise ausgebildet sein. So sieht eine Art der Ausbildung vor, daß die Refokussierungsoptiken den austfallenden Ast eines Pumpzweigs direkt in den entsprechenden einfallenden Ast des nächsten Pumpzweiges abbilden.

Der Vorteil dieser Lösungen liegt in ihrer Einfachheit. Diese Lösungen haben jedoch das Problem, daß sich entweder der Punktlichtstrahlungsfleck vergrößert oder ein Querschnitt des Pumpstrahlungsfeldes von Refokussierungsoptik zu Refokussierungsoptik immer größer wird.

Aus diesem Grund sieht eine diesbezüglich verbesserte erfundsgemäße Lösung vor, daß mindestens eine der Refokussierungsoptiken als zwischenkollimierende Refokussierungsoptik ausgebildet ist und jeweils den austfallenden Ast über einen zwischenkollinierten Ast in den entsprechenden einfallenden Ast abbildet. Diese Lösung hat den Vorteil, daß durch die Zwischenkollimation die Möglichkeit besteht, eine Vergrößerung des Querschnitts des Pumpstrahlungsfeldes zu vermeiden.

Vorzugsweise sind dabei die zwischenkollinierten Äste so ausgebildet, daß deren Abbildung der Abbildung entspricht, die man bei der Summe der Brennweiten der beiderseits des zwischenkollinierten Asts vorgesehenen Optiken erhält. Im Fall von Optiken gleicher Brennweite beiderseits des zwischenkollinierten Astes beträgt die Abbildung des zwischenkollinierten Astes einer solchen mit doppelter Brennweite.

Besonders günstig ist es dabei, wenn sämtliche Refokussierungsoptiken als zwischenkollimierende Refokussierungsoptiken ausgebildet sind, so daß im gesamten Verlauf des jeweiligen Pumpstrahlungsdurchlaufs keine nennenswerte Vergrößerung des Querschnitts des Pumpstrahlungsfelds erfolgt und somit weder die Notwendigkeit besteht, einen Teil des Strahlungsfeldes nicht abzubilden oder die Refokussierungsoptiken der zunehmenden Größe des Querschnitts des Pumpstrahlungsfeldes anzupassen.

Eine besonders vorteilhafte Realisierung einer zwischenkollimierenden Refokussierungsoptik sieht vor, daß diese einen gefalteten kollinierten Ast aufweist. Ein derartiger gefalteter kolliniertes Ast schafft insbesondere die Möglichkeit, die Refokussierungsoptiken raumsparend auszubilden.

Ferner schafft eine Faltung des kollinierten Astes die Möglichkeit, die in die jeweiligen Festkörper einfallenden Äste so anzuordnen, daß diese immer von derselben Seite der Festkörpervolumina in diese einfallen.

Hinsichtlich der Ausbildung der zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken im einzelnen wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So ist es zur Erzeugung eines gefalteten kollinierten Astes günstig, wenn die zwischen-

kollimierenden Refokussierungsoptiken ein Umlenkelement zur Faltung des zwischenkollinierten Astes aufweisen.

Zum Einsparen von Bauteilen bei den bauteilaufwendigen zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken ist vorzugsweise vorgesehen, daß jeweils eine der zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken des ersten und eine der zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken des zweiten Pumpstrahlungsdurchlaufs den jeweiligen zwischenkollinierten Ast auf ein gemeinsames Umlenkelement abbilden, so daß nur ein Umlenkelement für je zwei Refokussierungsoptiken erforderlich ist.

Ferner wurden hinsichtlich der Ausbildung der zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken insgesamt keine näheren Angaben gemacht. So ist günstigerweise vorgesehen, daß die zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken ein kollimierendes Element aufweisen, welches den jeweils austfallenden Ast in den zwischenkollinierten Ast abbildet.

Ferner ist es günstig, wenn die zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken ein fokussierendes Element aufweisen, welches den zwischenkollinierten Ast in den jeweils austfallenden Ast abbilden.

Hinsichtlich der optischen Elemente, die in den Refokussierungsoptiken Verwendung finden, wurden bislang noch keine näheren Angaben gemacht.

Hinsichtlich der Einfachheit im Aufbau und des Raumbedarfs hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Refokussierungsoptiken Hohlspiegel umfassen, wobei die Hohlspiegel insbesondere dazu dienen, die austfallenden Äste eines Pumpzweigs direkt in die entsprechenden einfallenden Äste des nächsten Pumpzweigs umzuformen oder dazu dienen, als kollimierende und fokussierende Elemente zu wirken.

Um besonders gute optische Abbildungen zu erhalten, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Hohlspiegel als nicht sphärische Spiegel ausgebildet sind, da mit sphärischen Spiegeln stets eine nicht unerhebliche Verzerrung auftritt, die bei Mehrfachumformung des Pumpstrahlungsfelds die Qualität der optischen Abbildung dann zu sehr verschlechtert.

Ein Ausführungsbeispiel, insbesondere bei Hohlspiegeln, welche einen austfallenden Ast eines Pumpzweigs direkt in einen einfallenden Ast des nächsten Pumpzweigs umformen, sieht vor, daß die Hohlspiegel als elliptische Spiegel ausgebildet sind, mit der elliptischen Form der Spiegel läßt sich dabei unter Anpassung der Form eine gute Qualität der optischen Abbildung erreichen.

Eine andere alternative Ausführungsform, insbesondere eine solche, bei welcher der Hohlspiegel ein kollimierendes oder fokussierendes Element darstellen soll, sieht vor, daß der Hohlspiegel als parabolischer Spiegel ausgebildet ist, da ein parabolischer Spiegel stets in der Lage ist, einen kollinierten Ast zu fokussieren oder umgekehrt einen divergenten Ast zu kollimieren.

Sowohl die Verwendung von elliptischen Spiegeln als auch die Verwendung von parabolischen Spiegeln ist kostenintensiv, da diese Spiegel aufwendig herzustellen sind.

Aus diesem Grund sieht eine vorteilhafte Lösung vor, daß die Hohlspiegel als torische Spiegel ausgebildet sind. Derartige torische Spiegel können sowohl elliptische Spiegel als auch parabolische Spiegel ersetzen, wobei die Qualität der optischen Abbildungen insbesondere bei langen Brennweiten noch ausreichend gut ist.

Hinsichtlich der Anordnung der Festkörpervolumina relativ zueinander wurden keine näheren Angaben gemacht. So wären prinzipiell die unterschiedlichsten Anordnungen der Festkörpervolumina relativ zueinander denkbar. Konstruk-

tiv besonders günstig läßt sich das erfindungsgemäße Konzept dann realisieren, wenn die Festkörpervolumina längs einer Linie angeordnet sind, wobei die Linie prinzipiell eine gekrümmte oder eine gerade Linie sein kann. Besonders raumsparend lassen sich die einzelnen Refokussierungsoptiken dann anordnen, wenn die Festkörpervolumina längs einer geraden Linie angeordnet sind.

Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, daß alle Reflexionsflächen der den Festkörpervolumina zugeordneten Reflektoren in einer gemeinsamen Ebene liegen. In diesem Fall liegen die dann durch die Festkörpervolumina hindurchverlaufenden ersten und zweiten Pumpzweige des Pumpstrahlungsfeldes in Ebenen, die senkrecht auf der gemeinsamen Ebene der Reflexionsflächen aller Reflektoren stehen.

Vorzugsweise lassen sich in diesem Fall die Refokussierungselemente auf unterschiedlichen Seiten einer senkrecht auf den Reflexionsflächen stehenden und durch die Linie hindurchverlaufenden Fläche anordnen, wobei sich vorzugsweise ein Pumpzweig des Pumpstrahlungsfeldes zwischen einem auf einer Seite der Fläche liegenden Refokussierungselement zu einem auf der anderen Seite der Fläche liegenden Refokussierungselement erstreckt.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Ebenen, in welchen die ersten und zweiten Pumpzweige liegen sollen, wurden bislang ebenfalls keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Ebenen, in welchen die ersten und zweiten Pumpzweige liegen, in einem Winkel von kleiner gleich 90° schneiden.

Hinsichtlich der Anordnung der Festkörpervolumina wurde im Zusammenhang mit der bisherigen Erläuterung der einzelnen Ausführungsbeispiele keine näheren Angaben gemacht. So wäre es beispielsweise denkbar, insbesondere bei einer räumlich sehr kleinen Ausführung der erfindungsgemäßen Lösung, sämtliche Festkörpervolumina in einem Festkörper vorzusehen. Aus Gründen der räumlichen Ausführung ist es insbesondere bei großen Leistungen und somit großen Festkörpervolumina vorteilhaft, wenn die mehreren laseraktives Medium aufweisenden Festkörpervolumina in mehreren Festkörpern angeordnet sind, wobei nach wie vor in jedem Festkörper eine Mehrzahl von Festkörpervolumina vorgesehen sein kann.

Insbesondere beim Erreichen von großen Leistungen ist es vorteilhaft, wenn jedes laseraktives Medium aufweisende Festkörpervolumen in einem eigenen Festkörper angeordnet ist, so daß insbesondere bei großen Leistungen in dem jeweiligen Festkörper für eine optimale Kühlung desselben gesorgt werden kann.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung einiger Ausführungsbeispiele.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Laserverstärkersystem in Richtung des Pfeils A in **Fig. 2** mit schematisch angedeutetem Verlauf der Pumpzweige und Pumpstrahlungsdurchläufe;

Fig. 2 eine perspektivische schematische Darstellung des in **Fig. 1** dargestellten ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Laserverstärkersystems mit räumlich dargestelltem erstem Pumpstrahlungsdurchlauf und einem durch eine gestrichelte Mittellinie dargestellten zweiten Pumpstrahlungsdurchlauf;

Fig. 3 eine Darstellung ähnlich **Fig. 1** eines zweiten Ausführungsbeispiels;

Fig. 4 eine Darstellung ähnlich **Fig. 1** eines dritten Ausführungsbeispiels mit zwischenkollimierenden Refokussierungselementen;

Fig. 5 eine schematische perspektivische Darstellung des dritten Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 4** mit voll durch-

gezeichnetem erstem Pumpstrahlungsdurchlauf und durch gestrichelte Mittellinien angedeutetem zweitem Pumpstrahlungsdurchlauf;

Fig. 6 eine schematische perspektivische Darstellung eines Laserresonators des dritten Ausführungsbeispiels ohne Darstellung des Pumpstrahlungsfeldes und

Fig. 7 eine schematische Darstellung ähnlich **Fig. 1** eines vierten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Lösung.

10 Ein in **Fig. 1** und **2** dargestelltes erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laserverstärkersystems umfaßt mehrere Festkörper **10**, in diesem Fall die Festkörper **10₁** bis **10₄**, welche beispielsweise längs einer Linie **12** angeordnet sind, die sowohl eine gerade als auch eine gebogene Linie sein kann. Jeder der Festkörper **10** weist ein mit einem Pumpstrahlungsfeld zu pumpendes laseraktives Medium in einem Festkörpervolumenbereich desselben auf.

Jeder der Festkörper **10** ist als flache Scheibe mit zwei einander gegenüberliegenden leicht gewölbten oder ebenen Flachseiten ausgebildet und liegt mit einer rückwärtigen Flachseite **14** jeweils auf einem Reflektor **16** auf, welcher seinerseits auf einem Kühlfinger **18** angeordnet ist, so daß eine Kühlung des Festkörpers **10** durch den Kühlfinger **18** über den Reflektor **16** erfolgt.

25 Durch die vordere Flachseite **20** tritt einerseits das Pumpstrahlungsfeld in den Festkörper **10** ein, um das laseraktive Medium zu pumpen und andererseits tritt durch die vordere Flachseite **20** auch die Laserstrahlung aus, deren Führung in den **Fig. 1** und **2** aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht im einzelnen dargestellt ist.

30 Erfindungsgemäß ist der Reflektor **16** so ausgebildet, daß er mindestens das Pumpstrahlungsfeld vorzugsweise aber auch die sich ausbildende Laserstrahlung reflektiert.

Hinsichtlich der Art der Ausbildung des Festkörpers **10** 35 und der Art des Pumpens des Festkörpers **10**, der Anordnung des Reflektors **16** und des Kühlfingers **18** wird auf die EP 0 632 551 vollinhaltlich Bezug genommen.

Das Pumpstrahlungsfeld **30** bildet, wie in **Fig. 1** und **2** dargestellt, einen in den Festkörper **10₁** einfallenden Ast **32₁** des Pumpstrahlungsfeldes **30**, welcher nach Hindurchtreten durch den Festkörper **10** von dem Reflektor **16** reflektiert wird und als ausfallender Ast **34₁** den Festkörper nochmals von Seiten des Reflektors **16** her durchsetzt.

Der einfallende Ast **32₁** und der ausfallende Ast **34₁** verlaufen dabei parallel und symmetrisch zu einer Ebene **36** und bilden einen als Ganzes mit **38₁** bezeichneten Pumpzweig für den ersten Festkörper **10₁**.

Vorzugsweise ist der einfallende Ast **32₁** auf den Festkörper **10** fokussiert, beispielsweise mittels einer Fokussierungsoptik **40**, welche einen einfallenden kollinierten Ast **42** des Pumpstrahlungsfeldes **30** auf den im Bereich des Festkörpers **10** gewünschten Pumplichtfleck fokussiert.

Der ausfallende Ast **34₁** verläuft daher ausgehend vom Festkörper **10** aus divergent und trifft auf eine als Ganzes mit **50** bezeichnete Refokussierungsoptik, welche im einfachsten Fall, wie in **Fig. 2** dargestellt, als refokussierter Spiegel, vorzugsweise als refokussierter Hohlspiegel, ausgebildet ist, welcher den ausfallenden Ast **34₁** in einen einfallenden Ast **32₂** für den Festkörper **10₂** abbildet, aus dem dann wiederum ein ausfallender Ast **34₂** austritt, der seinerseits auf die Refokussierungsoptik **50₂** trifft, die den ausfallenden Ast **34₂** wiederum in einen einfallenden Ast **32₃** abbildet, welcher in den Festkörper **10₃** eintritt und von dem entsprechenden Reflektor **16₃** wiederum reflektiert wird und als ausfallender Ast **34₃** auf eine dritte Refokussierungsoptik **50₃** trifft, die den ausfallenden Ast **34₃** in einen einfallenden Ast **32₄** abbildet, der auf den Festkörper **10₄** trifft, von dem Reflektor **16₄** desselben reflektiert wird und als ausfall-

lender Ast 34_4 aus dem Festkörper 10 austritt.

Der einfallende Ast 32_2 und der ausfallende Ast 34_2 bilden gemeinsam einen auf den Pumpzweig 38_1 folgenden Pumpzweig 38_2 , danach folgt, gebildet durch den einfallenden Ast 32_3 und den ausfallenden Ast 34_3 die Bildung eines weiteren Pumpzweiges 38_3 und schließlich durch den einfallenden Ast 32_4 und den ausfallenden Ast 34_4 die Bildung eines weiteren Pumpzweiges 38_4 .

Alle Pumpzweige 38_1 bis 38_4 werden vom Pumpstrahlungsfeld nacheinander in Serie durchlaufen, wobei die entsprechenden Ebenen 36_1 bis 36_4 jeweils ein Winkel von $\leq 180^\circ$ miteinander einschließen. Beispielsweise sind in diesem Fall die Refokussierungsoptiken 50_1 bis 50_3 alternierend bezüglich der Linie 12 angeordnet.

Mit einer derartigen Reihe von Pumpzweigen 38_1 bis 38_4 läßt sich das laseraktive Medium in den vier Festkörpern 19_1 bis 10_4 gleichzeitig pumpen, wobei allerdings die Pumpintensität bei den laseraktiven Medien der einzelnen Festkörper 10 der Reihe sukzessive abnimmt, da beispielsweise der erste Festkörper 10_1 bereits einen Teil der Intensität des einfallenden Astes 32_1 bis zum Auftreffen desselben auf den Reflektor 16 absorbiert, so daß bereits der ausfallende Ast 34_1 bei seinem Ausgangspunkt auf dem Reflektor 16 eine geringere Intensität aufweist, die sich aufgrund des nochmöglichen Durchsetzens des Festkörpers 10 weiter verringert.

Nach dem ersten Ast 38_1 wird das hinsichtlich seiner Intensität reduzierte Pumpstrahlungsfeld durch die Refokussierungsoptik 50_1 erneut auf den Festkörper 10_2 in Form des einfallenden Astes 32_2 auf den zweiten Festkörper 10_2 fokussiert, wobei wiederum im zweiten Pumpzweig 38_2 die Intensität des Pumpstrahlungsfeldes beim zweifachen Durchgang durch den Festkörper 10_2 abnimmt, so daß bereits am Ende des zweiten Pumpzweigs 38_2 eine durch insgesamt 4-fachen Durchgang durch einen Festkörper 10 reduzierte Intensität für das Pumpen des dritten Festkörpers 10_3 zur Verfügung steht, wobei dann das Pumpen des dritten Festkörpers 10_3 erneut aufgrund des 2-fachen Durchgangs durch den Festkörper Intensität absorbiert und schließlich die im vierten Pumpzweig 38_4 zum Pumpen des Festkörpers 10_4 zur Verfügung stehende Intensität bereits durch eine aufgrund eines 6-fachen Durchgangs durch eine der Festkörper 10_1 bis 10_3 verringert ist.

Nachdem alle vier Festkörper 10_4 von dem Pumpstrahlungsfeld mit den Ästen 38_1 bis 38_4 im Rahmen eines ersten Pumpstrahlungsdurchlaufs durchlaufen sind, bleibt in der Regel im ausfallenden Ast 34_4 noch eine nennenswerte Intensität vor, so daß es sich anbietet, die Refokussierungsoptik 50_4 so auszubilden, daß diese den Lichtweg im ersten Pumpstrahlungsdurchlauf umkehrt und den ausfallenden Ast 34_4 in sich zurückreflektiert, so daß insgesamt die gesamten Pumpzweige 38_4 , 38_3 , 38_2 und 38_1 vom Pumpstrahlungsfeld in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen und somit auch die Festkörper 10_4 , 10_3 , 10_2 und 10_1 in dieser Reihenfolge nochmals gepumpt werden.

Damit ist bereits aufgrund des ersten Pumpstrahlungsdurchlaufs die Möglichkeit geschaffen, vier Festkörper 10_1 bis 10_4 mit jeweils vier Durchgängen des Pumpstrahlungsfeldes zu pumpen.

Um bei vier Festkörpern 10_1 bis 10_4 eine möglichst gleich große Pumpleistungsdichte in jedem der Festkörper 10_1 bis 10_4 für das laseraktive Medium zur Verfügung zu haben, wird erfindungsgemäß ein zweiter Pumpstrahlungsdurchlauf erzeugt, welcher ausgehend von einem an kommenden kollinierten Pumpstrahlungsfeldes 142 über eine Fokussierungsoptik 140 durch ein Pumpstrahlungsfeld gebildet ist, welches einen ausgehend von der Fokussierungsoptik 140 einfallenden Ast 132_1 bildet, der in den Festkörper 10_4 eintritt und von dessen Reflektor 16_4 in den ausfallenden Ast

134_1 reflektiert wird. Dieser wird mittels einer Refokussierungsoptik 150_1 reflektiert in einen einfallenden Ast 132_2 , welcher in den Festkörper 10_3 einfällt, von dessen Reflektor 16_3 in Form eines ausfallenden Astes 134_2 reflektiert wird und auf eine Refokussierungsoptik 150_2 trifft, die wiederum diesen in einen einfallenden Ast 132_3 abbildet, welcher in den Festkörper 10_2 einfällt, von dessen Reflektor 16_2 reflektiert wird und als ausfallender Ast 134_3 auf eine Refokussierungsoptik 150_3 trifft, welche einen einfallenden Ast 132_4 bildet, der in den Festkörper 10_1 einfällt, von dessen Reflektor 16_1 reflektiert wird und als ausfallender Ast 134_4 auf eine Refokussierungsoptik 150_4 trifft, die beispielsweise ebenfalls als den Lichtweg umkehrender Spiegel ausgebildet ist.

Somit umfaßt der zweite Pumpstrahlungsdurchlauf analog dem ersten die Pumpzweige 138_1 , 138_2 , 138_3 und 138_4 , die jedoch in ihrer Reihenfolge auf die Festkörper 10_1 bis 10_4 mit umgekehrter Reihenfolge wie beim die Pumpzweige 38_1 bis 38_4 auftreffen, so daß durch den zweiten Pumpstrahlungsdurchlauf der Festkörper 10_4 am stärksten gepumpt wird und sukzessive die absorbierte Pumpleistung bis zum Festkörper 10_1 abnimmt, während durch den ersten Pumpstrahlungsdurchlauf der erste Festkörper 10_1 am stärksten gepumpt wird und die absorbierte Pumpleistung bis zum Festkörper 10_4 sukzessive abnimmt.

Ferner liegen die Pumpzweige 138_1 bis 138_4 in Ebenen 136_1 bis 136_4 , welche mit den Ebenen 36_1 bis 36_4 jeweils im Bereich des jeweiligen Festkörpers 10_1 bis 10_4 nicht zusammenfallen, vorzugsweise im Winkel zueinander verlaufen, so daß jeder der Festkörper 10_1 bis 10_4 von zwei in unterschiedlichen Ebenen liegenden Pumpzweigen, nämlich einem ersten Pumpzweig 38 und einem zweiten Pumpzweig 138 durchsetzt ist, und aufgrund dieser der im Winkel zueinander verlaufenden Ebenen 36 bzw. 136 in zwei unterschiedlichen Richtungen durch reflektiertes Pumpstrahlungsfeld gepumpt ist, wobei vorzugsweise die Ebenen 36 und 136 im Bereich des jeweiligen Festkörpers 10 quer, noch besser im Winkel von größerenordnungsmäßig 90° zueinander verlaufen, um eine bezüglich eines Schnittpunktes S der Ebenen 36 , 136 möglichst symmetrische Verteilung des Pumpstrahlungsfeldes im jeweiligen Festkörper 10_1 bis 10_4 zu erreichen.

Besonders kompakt läßt sich das erfindungsgemäße Laserverstärkersystem dann aufbauen, wenn die Reflektoren 16_1 bis 16_4 Reflexionsflächen 17_1 bis 17_4 aufweisen, die sich in einer gemeinsamen Ebene erstrecken und wenn durch die Linie 12 hindurch eine Symmetrieebene 13 verläuft, welche senkrecht auf den Reflektorflächen 17_1 bis 17_4 steht und dabei die Refokussierungsoptiken 50_1 bis 50_4 sowie 150_1 bis 150_4 beiderseits der Ebene 13 angeordnet sind. In Längsrichtung der Linie 12 wechseln vorzugsweise paarweise einander gegenüberliegende Refokussierungsoptiken, beispielsweise die Refokussierungsoptiken 50_1 und 150_3 , 150_2 und 50_2 sowie 50_3 und 150_1 mit Festkörpern 10 ab, das heißt, auf den Festkörper 10_1 folgt längs der Linie 12 betrachtet das Paar von Refokussierungsoptiken 50_1 und 150_3 , dann folgt der Festkörper 10_2 , dann das Paar von Refokussierungsoptiken 150_2 und 50_2 , dann der Festkörper 10_3 , dann das Paar von Refokussierungsoptiken 50_3 und 150_1 und schließlich der Festkörper 10_4 .

Vorzugsweise sind bei der erfindungsgemäßen Lösung auch die Schnittlinien der Ebenen 36 und 136 so gelegt, daß sie möglichst zentrisch zu den Festkörpern 10_1 bis 10_4 liegen und vorzugsweise verläuft die Linie 12 , längs welcher die Festkörper 10_1 bis 10_5 angeordnet sind, durch die Schnittlinien S der jeweiligen Ebenen 36 und 136 in den jeweiligen Festkörpern 10_1 bis 10_4 .

Bei dem ersten in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungs-

beispiel sind zur Erzeugung der beiden Pumpstrahlungsfelder 30 und 130 beispielsweise zwei verschiedene Pumpstrahlungsquellen vorgesehen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Pumpstrahlungsfeld einer Pumpstrahlungsquelle aufzuteilen und über Lichtleiter den jeweiligen Fokussierungsoptiken 40 und 140 zuzuführen.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 3 ist die Refokussierungsoptik 50₄ nicht so ausgebildet, daß sie den ausfallenden Ast 34₁ in sich zurückreflektiert, sondern den aus fallenden Ast 34₁ auf einen Umlenkspiegel 60 umlenkt, welcher diesen wiederum auf eine Refokussierungsoptik 62 abbildet, die die Fokussierungsoptik 140 ersetzt und wiederum den einfallenden Ast 132₁ bildet, welcher damit letztlich das aus dem ausfallenden Ast 34₁ durch Umlenken mittels der Umlenkskopik 60 und der Refokussierungsoptik 62 gebildet ist.

Im übrigen ist das zweite Ausführungsbeispiel mit dem ersten identisch, so daß auf die Ausführung hierzu vollständig Bezug genommen werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel haben allerdings die zweiten Pumpzweige 138₁ bis 138₄ jeweils eine geringere Intensität als die ersten Pumpzweige 38₁ bis 38₄, da die Anfangsintensität des einfallenden Astes bei dem zweiten Pumpstrahlungsdurchlauf mit den Pumpzweigen 138₁ bis 138₄ der Ausgangsintensität des ausfallenden Astes 34₁ des ersten Pumpstrahlungsdurchlaufs mit den Pumpzweigen 38₁ bis 38₄ entspricht.

Dennoch kann bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ein Pumpen jedes der Festkörper 10₁ bis 10₄ in den zwei quer zueinander verlaufenden Ebenen 36 und 136 erfolgen.

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laserverstärkersystems, dargestellt in den Fig. 4 bis 6, sind die Festkörper 10₁ bis 10₄ ebenfalls längs der Linie 12 angeordnet.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel und zum zweiten Ausführungsbeispiel umfaßt jede der Refokussierungsoptiken 50₁ bis 50₃ nicht nur keinen Hohlspiegel, welcher den ausfallenden Ast 34₁ des ersten Pumpzweiges 38₁ auf den einfallenden Ast 32₂ des zweiten Pumpzweiges 38₂ abbildet, sondern ein kollimierendes Element 52₁, welches den ausfallenden Ast 34₁ in einen ersten Teilast 54a eines kollinierten Astes 54 abbildet, eine Umlenkskopik 56, welche den ersten kollinierten Teilast 54a in einen zweiten kollinierten Teilast 54b abbildet und eine Fokussierungsoptik 58, welche den zweiten kollinierten Teilast 54b in den einfallenden Ast 32₂ abbildet.

In gleicher Weise sind die Refokussierungsoptiken 50₂ und 50₃ ausgebildet.

Dabei wird in gleicher Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel das Prinzip beibehalten, daß die jeweiligen Festkörper 10₁ bis 10₄ vom ersten Pumpzweig 38₁ bis 38₄ des ersten Pumpstrahlungsdurchlaufs des Pumpstrahlungsfeldes 30 durchsetzt sind.

Auch die Refokussierungsoptiken 150₁ bis 150₃ kollimieren den ausfallenden Ast 134₁ mittels eines kollimierenden Elements 152₁, welches einen Teilast 154a eines kollinierten Astes 154₁ bildet, der über das Umlenkelement 56 in den zweiten Teilast 154 jedes kollinierten Astes 154₁ abgebildet wird und auf das fokussierende Element 158₁ tritt, welches den zweiten Teilast 154b in den einfallenden Ast 32₂ abbildet, der in den Festkörper 10₃ einfällt.

In gleicher Weise sind die übrigen Refokussierungsoptiken 150₂ und 150₃ ausgebildet.

Ferner ist bei dem dritten Ausführungsbeispiel, wie in Fig. 6 dargestellt, ein als Ganzes mit 70 bezeichneter Resonator vorgesehen, dessen Resonatorstrahlungsfeld 72 alle Festkörper 10₁ bis 10₄ durchsetzt. Der Resonator 70 weist

zur Ausbildung des Resonatorstrahlungsfeldes 72 zwei Endspiegel 74 und 76 auf, und zusätzlich zwischen den Festkörpern 10₁ bis 10₄ angeordnete Umlenkspiegel 76₁ bis 76₃, während außerdem die den einzelnen Festkörpern 10₁ bis 10₄ zugeordneten Reflektoren 16₁ bis 16₄ gleichzeitig ebenfalls noch als Umlenkspiegel des Resonators 70 wirksam sind und auch das Resonatorstrahlungsfeld 72 reflektieren, so daß dieses beispielsweise von dem Endspiegel 74 zum Reflektor 16₁, von diesem zum Umlenkspiegel 76₁, von diesem zum Reflektor 16₂, von diesem zum Umlenkspiegel 76₂, von diesem zum Reflektor 16₃, von diesem zum Umlenkspiegel 76₃ und von diesem zum Reflektor 16₄ und dann zum Endspiegel 76 verläuft.

Der Resonator für das Resonatorstrahlungsfeld braucht jedoch nicht zwingenderweise, wie in Fig. 6 dargestellt, so konzipiert sein, daß er alle Festkörper umfaßt. Es ist ebenfalls denkbar, jedem Festkörper einen eigenen Resonator zuzuordnen und dann die aus den jeweiligen Resonatoren austretenden Laserstrahlungsfelder entweder einzeln für einzelne Aufgaben zu verwenden oder zu überlagern.

Ein vierter Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laserverstärkersystems, lediglich schematisch dargestellt in Fig. 7, basiert auf dem ersten Ausführungsbeispiel, wobei allerdings die einzelnen Festkörper 10₁ bis 10₄ nicht nur von dem ersten Pumpstrahlungsdurchlauf mit den ersten Pumpzweigen 38₁, 38₂, 38₃ und 38₄ durchsetzt ist und zusätzlich mit den Pumpzweigen 138₁, 138₂, 138₃ und 138₄ des zweiten Pumpstrahlungsdurchlaufs, sondern zusätzlich noch ein dritter Pumpstrahlungsdurchlauf und ein vierter Pumpstrahlungsdurchlauf vorgesehen sind, wobei der vierte Pumpstrahlungsdurchlauf durch zusätzliche Refokussierungsoptiken 250₁, 250₂, 250₃ und 250₄ gebildet ist, zwischen denen die dritten Pumpzweige 238₁, 238₂, 238₃ und 238₄ sich erstrecken. Auch zum vierten Pumpstrahlungsdurchlauf sind Refokussierungsoptiken 350₁, 350₂, 350₃, 350₄ vorgesehen, die die Pumpzweige 338₁, 338₂, 338₃ und 338₄ ineinander abbilden. Im übrigen ist vom Prinzip her das vierte Ausführungsbeispiel in gleicher Weise aufgebaut und arbeitet in gleicher Weise wie das erste Ausführungsbeispiel, so daß die gesamten Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel hinsichtlich der Ebenen, in welchen die Pumpzweige 38, 138, 238 und 338 liegen, auch für das dritte Ausführungsbeispiel gelten.

Der Vorteil des vierten Ausführungsbeispiels ist der, daß die Möglichkeit geschaffen ist, den jeweiligen Festkörper 10₁ bis 10₄ noch gleichmäßiger mit dem Pumpstrahlungsfeld zu pumpen.

Patentansprüche

1. Laserverstärkersystem umfassend mehrere ein laseraktives Medium aufweisende Festkörpervolumina, eine Pumpstrahlungsquelle zur Erzeugung eines Pumpstrahlungsfeldes zum optischen Pumpen des laseraktiven Mediums,

einen jedem Festkörpervolumen zugeordneten Pumpstrahlungssreflektor, der einen in das Festkörpervolumen einfallenden Ast des Pumpstrahlungsfeldes als aus fallenden Ast durch das Festkörpervolumen erneut so hindurchtreten läßt, daß der einfallende Ast und der ausfallende Ast in einer ersten Ebene liegend einen Winkel miteinander einschließen und einen ersten Pumpzweig bilden,

einen ersten Pumpstrahlungsdurchlauf durch die Festkörpervolumina, in welchen die ersten Pumpzweige so aufeinanderfolgend angeordnet sind, daß die mehreren Festkörpervolumina vom Pumpstrahlungsfeld in einer ersten Sequenz durchlaufen werden.

dadurch gekennzeichnet, daß jedes Festkörpervolumen von einem zweiten Pumpzweig (138) durchsetzt ist, dessen einfallender Ast (132) und dessen ausfallender Ast (134) in einer zweiten von der ersten Ebene (36) verschiedenen Ebene (136) liegen und in dieser einen Winkel einschließen, daß ein zweiter Pumpstrahlungsdurchlauf (138₁ bis 138₄) vorgesehen ist in welchen die zweiten Pumpzweige (138) der mehreren Festkörpervolumina (10) so aufeinander folgend angeordnet sind, daß die Festkörpervolumina (10) vom Pumpstrahlungsfeld in einer zweiten Sequenz durchlaufen werden und daß in der zweiten Sequenz die Reihenfolge der Festkörpervolumina (10) bezogen auf die erste Sequenz geändert ist.

2. Laserverstärkersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Pumpstrahlungsdurchläufe (38₁ bis 38₄; 138₁ bis 138₄) von einer eigenen Pumpstrahlungsquelle (28, 128) gespeist ist.

3. Laserverstärkersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstrahlungsdurchläufe (38₁ bis 38₄; 138₁ bis 138₄) von einer einzigen Pumpstrahlungsquelle (28) gespeist sind.

4. Laserverstärkersystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstrahlungsdurchläufe (38₁ bis 38₄; 138₁ bis 138₄) durch eine Umlenkkoptik (60) miteinander gekoppelt sind.

5. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumpstrahlungsfeld jeden Pumpstrahlungsdurchlauf (38₁ bis 38₄; 138₁ bis 138₄) in zwei entgegengesetzten Richtungen durchläuft.

6. Laserverstärkersystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß an einem Ende jedes Pumpstrahlungsdurchlaufs ein Reflektor, (50₄, 150₄) zugeordnet ist, der das Pumpstrahlungsfeld zurückreflektiert.

7. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Sequenz die Reihenfolge der Festkörpervolumina (10) bezogen auf die erste Sequenz umgekehrt ist.

8. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein weiterer Pumpstrahlungsdurchlauf (238₁ bis 238₄; 338₁ bis 338₄) vorgesehen ist, bei welchem das Pumpstrahlungsfeld (230, 330) die Festkörpervolumina (10) in Form mindestens einer weiteren Sequenz (238₁ bis 238₄; 338₁ bis 338₄) durchläuft.

9. Laserverstärkersystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine weitere Sequenz (238₁ bis 238₄; 338₁ bis 338₄) so verläuft, daß diese unterschiedlichen Pumpanregungen des laseraktiven Materials im Festkörpervolumina (10) durch die erste und die zweite Sequenz entgegenwirkt.

10. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Pumpzweige (38₁ bis 38₄; 138₁ bis 138₄) eines Pumpstrahlungsdurchlaufs durch Refokussierungsoptiken (50, 150) gekoppelt sind.

11. Laserverstärkersystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Refokussierungsoptiken (50, 150) den ausfallenden Äste (34, 134) eines Pumpzweiges direkt in den entsprechenden der einfallenden Äste (32, 132) des nächsten Pumpzweiges umformen.

12. Laserverstärkersystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Refokussierungsoptiken (50', 150') als zwischenkollimierende Refokussierungsoptik (50', 150') ausgebildet ist und jeweils den ausfallenden Äste (34) über einen zwischenkollinierten Ast (54, 154) in den entsprechenden ein-

fallenden Ast (32) umformen.

13. Laserverstärkersystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken (50', 150') einen gefalteten kollinierten Ast (54, 154) aufweisen.

14. Laserverstärkersystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken (50', 150') ein Umlenkelement (56) zur Faltung des zwischenkollinierten Astes (54, 154) aufweisen.

15. Laserverstärkersystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine der Refokussierungsoptiken (50', 150') des ersten und eine des zweiten Pumpstrahlungsdurchlaufs den jeweiligen zwischenkollinierten Ast auf ein gemeinsames Umlenkelement (56) abbilden.

16. Laserverstärkersystem nach einem der Ansprüche, 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken (50', 150') ein kollimierendes Element (52, 152) aufweisen, welches den jeweils ausfallenden Ast (34, 134) in den zwischenkollinierten Ast (54, 154) umformt.

17. Laserverstärkersystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischenkollimierenden Refokussierungsoptiken (50', 150') ein fokussierendes Element (58, 158) aufweisen, welches den zwischenkollinierten Ast (54, 154) in den jeweils einfallenden Ast (34, 134) abbilden.

18. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Refokussierungsoptiken (50, 150) Hohlspiegel umfassen.

19. Laserverstärkersystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlspiegel als nichtsphärische Spiegel ausgebildet sind.

20. Laserverstärkersystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlspiegel als elliptische Spiegel ausgebildet sind.

21. Laserverstärkersystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlspiegel als parabolische Spiegel ausgebildet sind.

22. Laserverstärkersystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlspiegel als torische Spiegel ausgebildet sind.

23. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Festkörpervolumina (10) längs einer Linie (12) angeordnet sind.

24. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß alle Reflexionsflächen (17) der den Festkörpervolumina (10) zugeordneten Reflektoren (16) in einer gemeinsamen Ebene liegen.

25. Laserverstärkersystem nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Refokussierungselemente (50, 150) auf unterschiedlichen Seiten einer senkrecht auf den Reflexionsflächen (17) stehenden und durch die Linie (12) hindurchverlaufenden Fläche (13) liegen.

26. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Ebenen (36, 136) in welchem die ersten und zweiten Pumpzweige (38, 138) liegen in einem Winkel kleiner gleich 90° schneiden.

27. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebenen (36, 136) in welchem die ersten und zweiten Pumpzweige (38, 138) liegen, quer zueinander verlaufen.

28. Laserverstärkersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mehreren laseraktives Medium aufweisenden Festkörper angeordnet sind.

29. Laserverstärkersystem nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß jedes laseraktives Medium aufweisende Festkörpervolumen in einen eigenen Festkörper angeordnet ist. 5

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

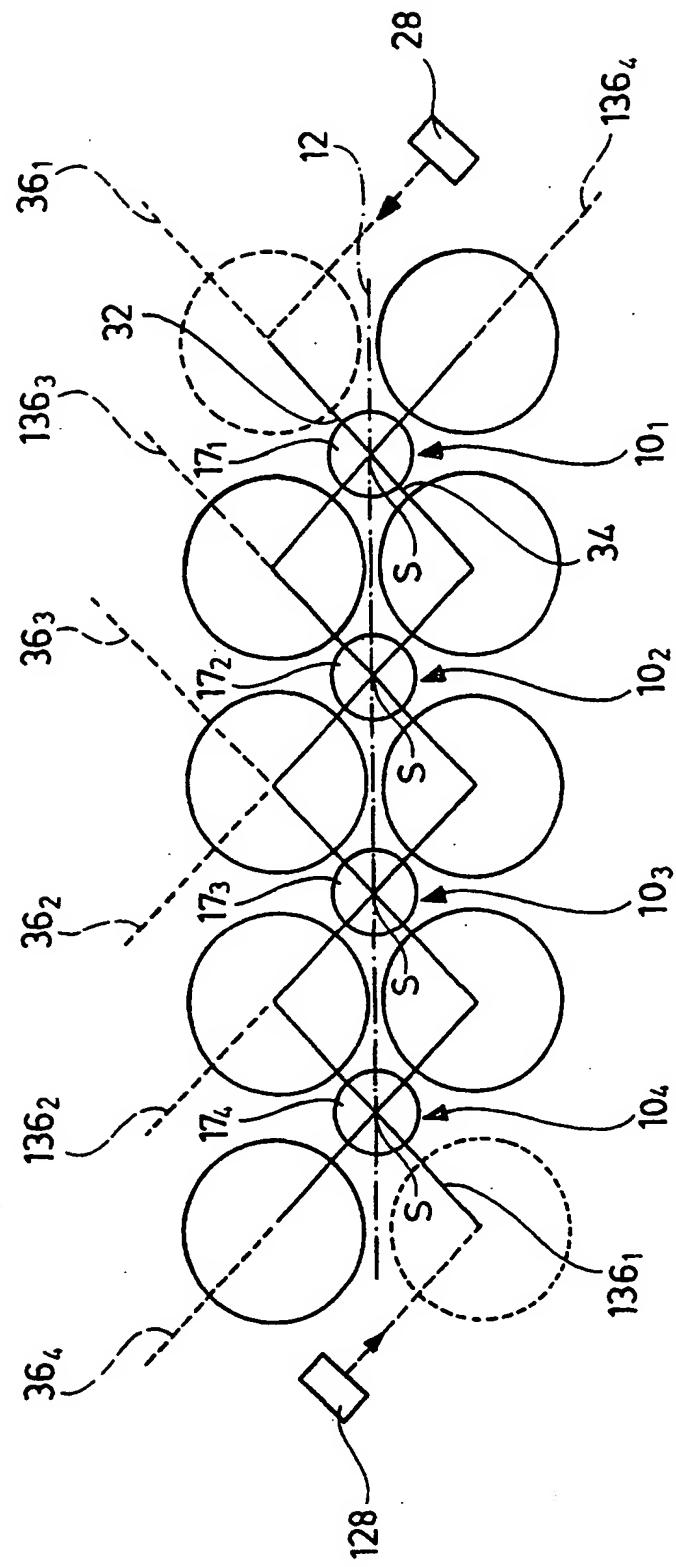
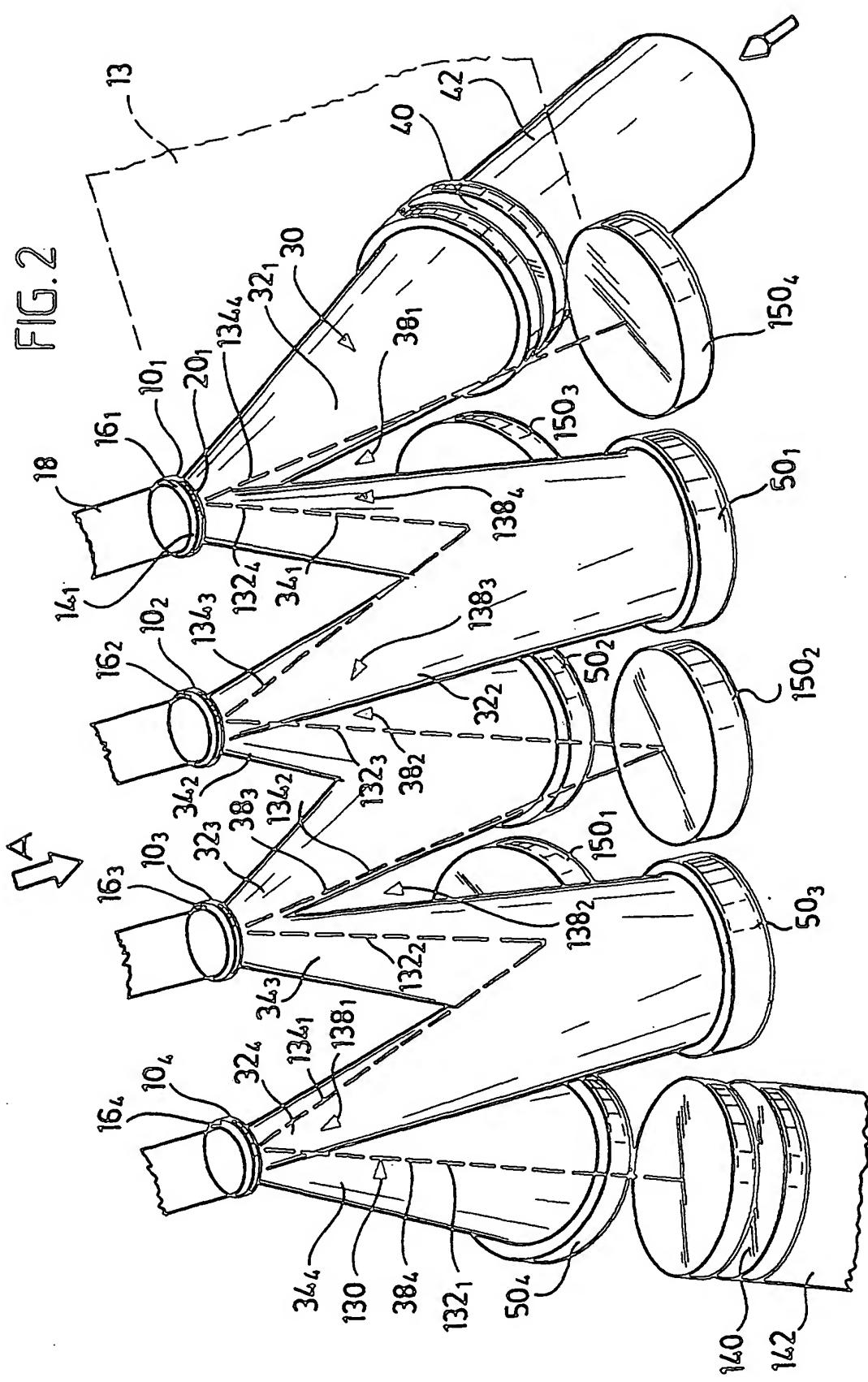
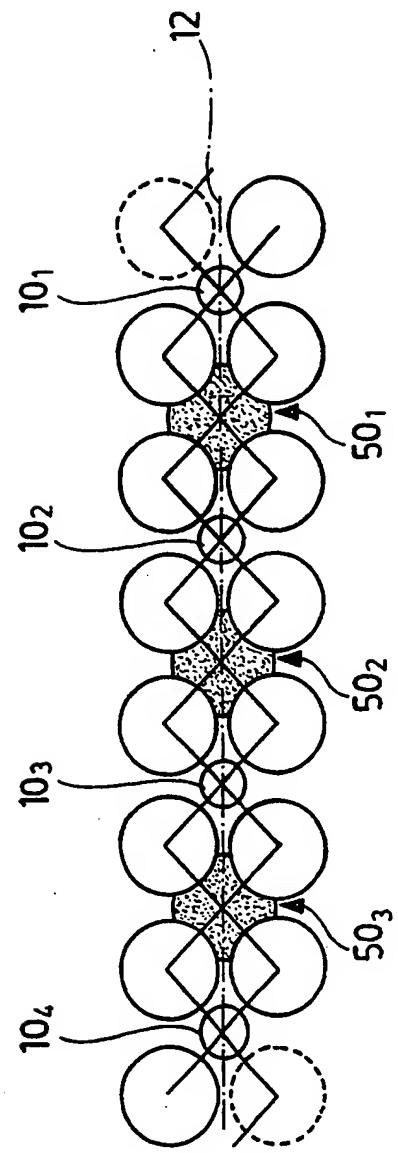
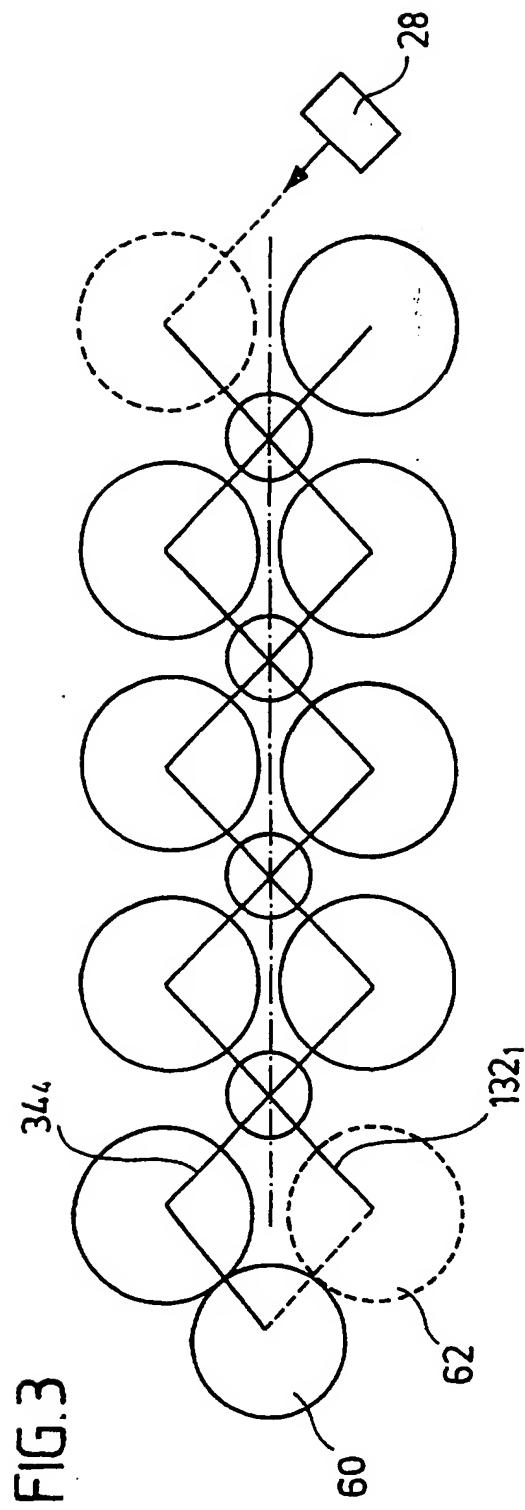


FIG. 2





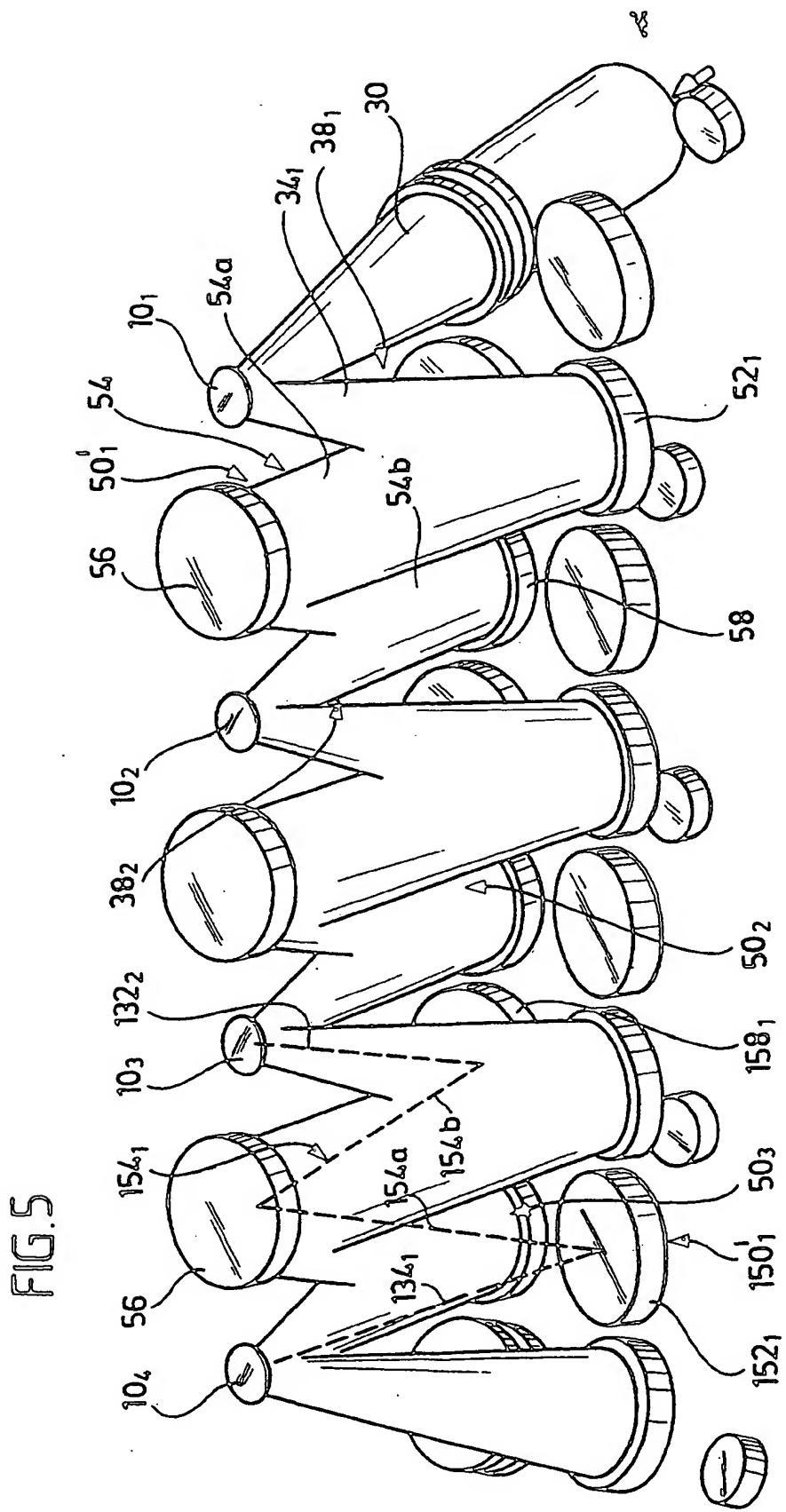


FIG. 6

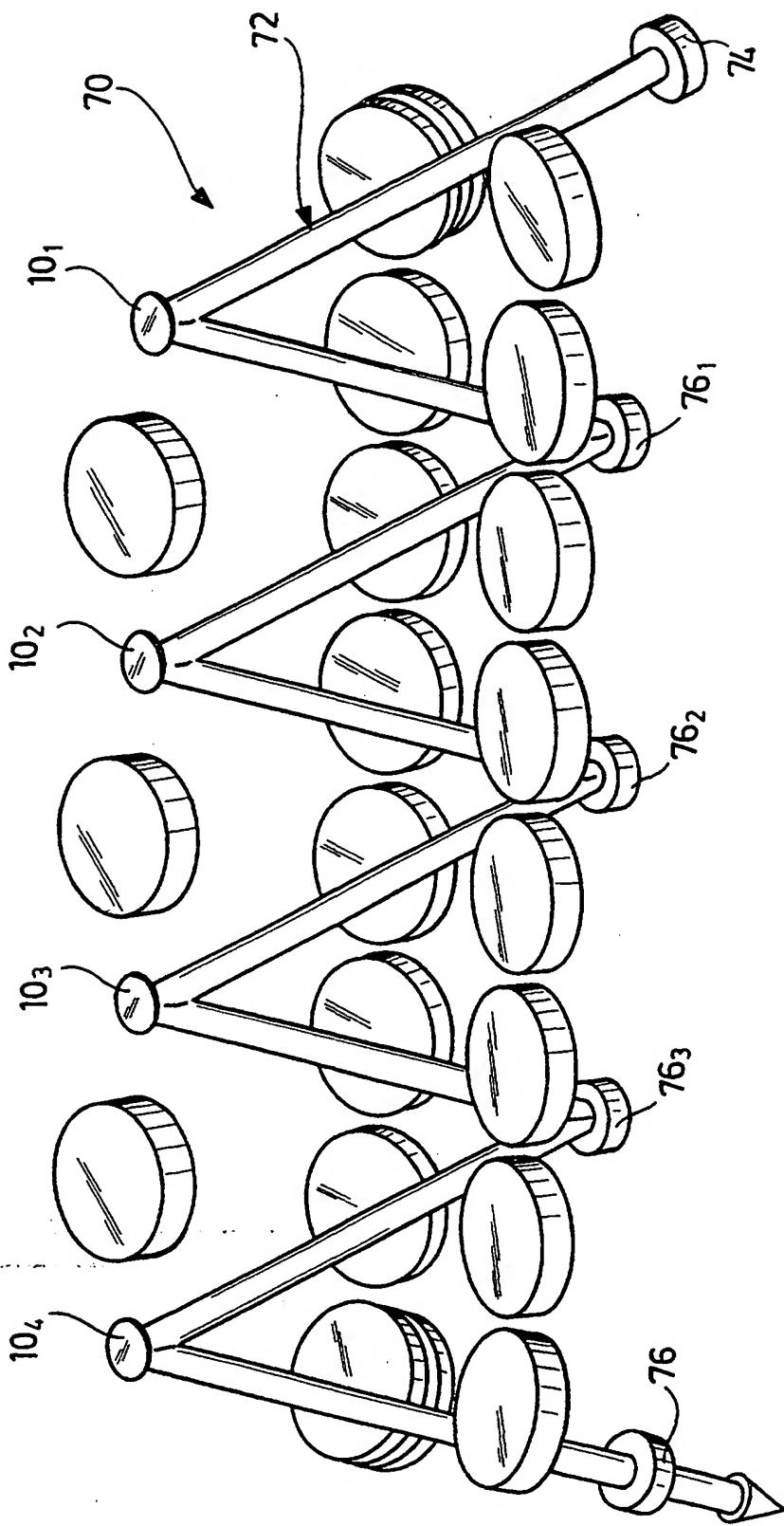
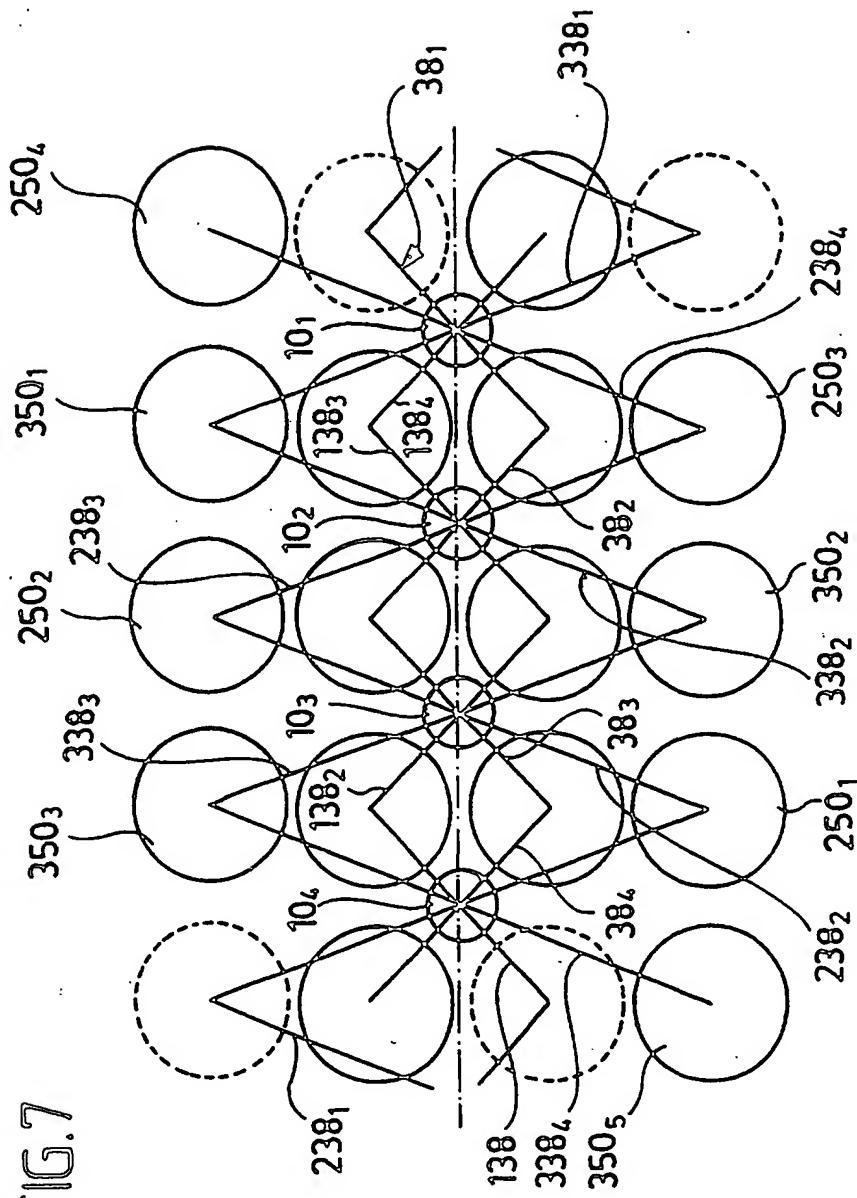


FIG. 7

DOCKET NO: MOH-P 990628SERIAL NO: 10/016,864APPLICANT: Ludewigt et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (334) 925-1100